ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 55231— 2012

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ (САРЧ) СУДОВЫХ, ТЕПЛОВОЗНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Общие технические условия

ISO 3046-4:2009
Reciprocating internal combustion engines — Performance — Part 4: Speed governing (NEQ)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2013

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Центральный научно-исследовательский дизельный институт» (ООО «ЦНИДИ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 235 «Двигатели внутреннего сгорания поршневые»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 ноября 2012 г. № 1260-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений международного стандарта ИСО 3046-4:2009 «Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Характеристики. Часть 4. Регулирование скорости» (ISO 3046-4:2009 «Reciprocating internal combustion engines — Performance — Part 4: Speed governing», NEQ)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (gost.ru)

© Стандартинформ, 2013

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Классификация 4
5 Технические требования 6
5.1 Требования к однорежимным САРЧ 6
5.2 Требования к всережимным и двухрежимным САРЧ 8
5.3 Требования к регуляторам 9
6 Приемка 10
7 Методы испытаний 11
7.1 Погрешность измерений 11
7.2 Условия проведения испытаний 11
7.3 Проведение испытаний 11
7.4 Оформление результатов испытаний 12
Приложение А (справочное) Имитация мгновенного изменения нагрузки 13

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ (САРЧ) СУДОВЫХ, ТЕПЛОВОЗНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Общие технические условия

Automatic rotational frequency control systems (ARFCS) of marine, locomotive and industrial reciprocating internal combustion engines. General specifications

Дата введения — 2013—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на системы автоматического регулирования частоты вращения (САРЧ) судовых, тепловозных и промышленных поршневых дизельных и газовых двигателей внутреннего сгорания (далее — двигатели) и устанавливает общие технические требования, приемку и методы их испытаний.

Стандарт не распространяется на САРЧ двигателей автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных машин и авиационных двигателей.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 53638—2009 (ИСО 3046-1:2002, ИСО 15550:2002) Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Общие технические условия

ГОСТ Р 53639—2009 (ИСО 3046-3:2006, ИСО 15550:2002) Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Приемка. Методы испытаний

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **система автоматического регулирования частоты вращения; САРЧ:** Замкнутая система, состоящая из объекта регулирования частоты вращения (двигателя) и регулятора частоты вращения.

3.2 **настройка частоты вращения:** Частота вращения при заданной нагрузке, настроенная органом задания регулятора или, при наличии дистанционного управления, органом задания дистанционного поста управления.

3.3 **номинальная настройка частоты вращения:** Настройка частоты вращения, соответствующая номинальной частоте вращения двигателя при заданной нагрузке:

- для двигателей с всережимными регуляторами заданная нагрузка равна номинальной;

Издание официальное

- для двигателей с однорежимными регуляторами, предназначенными для привода генераторов переменного тока, заданная нагрузка равна 50 % номинальной.

3.4 **минимальная настройка частоты вращения:** Настройка частоты вращения, соответствующая минимально устойчивой частоте вращения двигателя под нагрузкой, определяемой ограничительной характеристикой.

3.5 **максимальная настройка частоты вращения:** Настройка частоты вращения, соответствующая максимально допустимой частоте вращения двигателя на холостом ходу.

3.6 **диапазон настройки частоты вращения:** Интервал частоты вращения двигателя между минимальной и максимальной настройками частоты вращения.

3.7 **темп изменения настройки частоты вращения:** Скорость изменения настройки частоты вращения в пределах диапазона настройки частоты вращения, выраженная в процентах от номинальной частоты вращения в секунду, и рассчитываемая по следующей формуле

$$v_n = \frac{n_{i\max} - n_{i\min}}{n_r \cdot t} \cdot 100, \quad (1)$$

где n_i — частота вращения при работе без нагрузки;

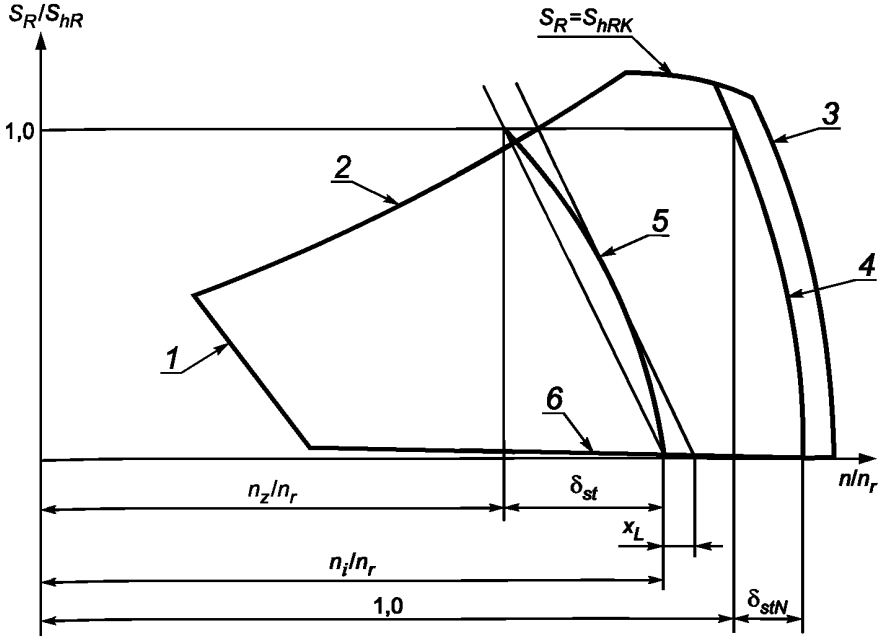
n_r — номинальная частота вращения;

t — время изменения настройки.

3.8 **характеристика нагрузки:** Зависимость момента сопротивления на фланце вала отбора мощности двигателя от частоты вращения, характерная для установки, в состав которой входит двигатель.

3.9 **погрешность настройки частоты вращения, % номинальной частоты вращения:** Наибольшая разность между фактической и заданной (настроенной) частотой вращения, определенная при работе по заданной характеристике нагрузки (например, винтовой).

3.10 **статическая характеристика регулятора:** Зависимость между установившимися относительным ходом (S_R/S_{hR}) исполнительного органа регулятора и относительной частотой вращения (n/n_r), определяемая при фиксированных настройках частоты вращения во всем диапазоне регулирования (рисунок 1). Начальное ($S_R = 0$) и номинальное ($S_R = S_{hR}$) положения исполнительного органа регулятора, установленного на двигатель, должны соответствовать режимам холостого хода и номинальной мощности.



1 — минимальная статическая характеристика; *2* — ограничительная характеристика; *3* — максимальная статическая характеристика; *4* — номинальная статическая характеристика; *5* — промежуточная статическая характеристика; *6* — характеристика холостого хода

Рисунок 1 — Статические и ограничительная характеристики всережимного регулятора

3.11 **наклон статической характеристики регулятора (статизм), δ_{st}, % номинальной частоты вращения:** Перепад относительной частоты вращения по статической характеристике между начальным и номинальным положениями исполнительного органа регулятора, определяемый по формуле

$$\delta_{st} = \frac{n_i - n_z}{n_r} \cdot 100, \quad (2)$$

где n_i — частота вращения при $S_R = 0$;

n_z — частота вращения при $S_R = S_{hR}$.

3.12 **степень непрямолинейности статической характеристики регулятора x_L, %:** Наибольшее отклонение формы статической характеристики регулятора от идеализированной прямолинейной. Измеряется перепадом относительных частот вращения по оси n/n_r между точками пересечения действительной характеристики и касательной к ней, имеющей тот же средний наклон с осью (см. рисунок 1).

3.13 **регуляторная характеристика двигателя:** Зависимость между установившимся относительным крутящим моментом (T_{tq}/T_{tqN}) и относительной частотой вращения (n/n_r) во всем диапазоне регулирования при фиксированных настройках частоты вращения (рисунок 2).

3.14 **номинальная регуляторная характеристика двигателя:** Регуляторная характеристика двигателя, соответствующая номинальной настройке частоты вращения.

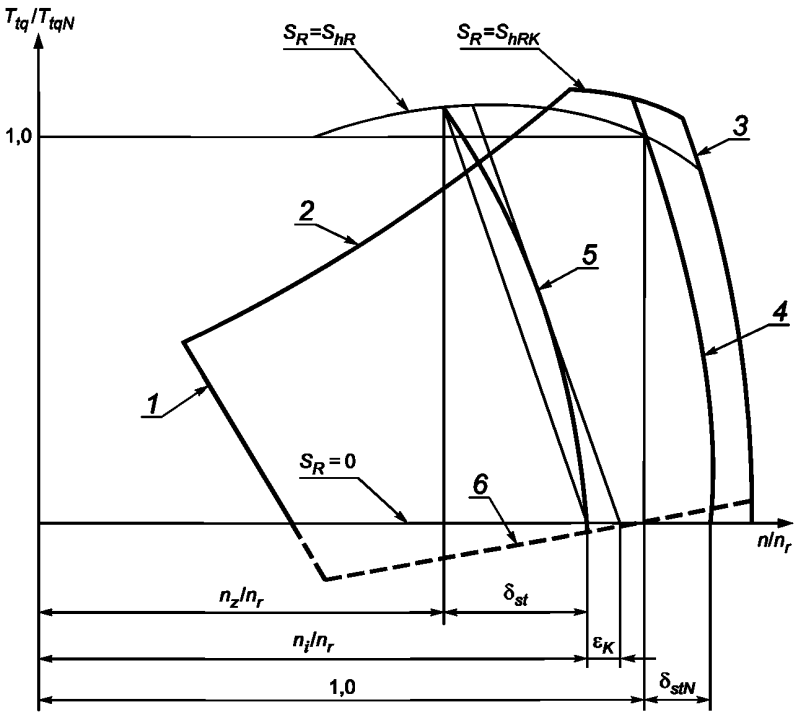
3.15 **наклон регуляторной характеристики двигателя (статизм) δ_{st}, % номинальной частоты вращения:** Разность относительных частот вращения по регуляторной характеристике между начальным и номинальным значениями крутящего момента

$$\delta_{st} = \frac{n_i - n_z}{n_r} \cdot 100, \quad (3)$$

где n_i — частота вращения при $T_{tq} = 0$;

n_r — частота вращения при $T_{tq} = T_{tqN}$.

3.16 **степень непрямолинейности регуляторной характеристики двигателя ε_K, %:** Наибольшее отклонение формы регуляторной характеристики двигателя от идеализированной прямолинейной. Измеряется перепадом относительных частот вращения по оси n/n_r между точками пересечения действительной характеристики и касательной к ней, имеющей тот же средний наклон с осью (см. рисунок 2).



1 — минимальная регуляторная характеристика; *2* — ограничительная характеристика; *3* — максимальная регуляторная характеристика; *4* — номинальная регуляторная характеристика; *5* — промежуточная регуляторная характеристика; *6* — характеристика холостого хода

Рисунок 2 — Регуляторные и ограничительная характеристики двигателя с всережимным регулятором

3.17 **ограничительная характеристика:** Зависимость между максимально допускаемым относительным ходом исполнительного органа (S_R/S_{hR}) или относительным крутящим моментом (T_{tq}/T_{tqN}) и относительной частотой вращения (n/n_r) (см. рисунки 1 и 2).

3.18 **степень рассогласования нагрузки при параллельной работе двигателей ΔP, %:** Наибольшая разность относительных нагрузок данного двигателя и групповой силовой установки.

$$\Delta P = \left(\frac{P_a}{P_r} - \frac{\Sigma P_a}{\Sigma P_r}\right) \cdot \frac{P_r}{P_{r\max}} \cdot 100, \quad (4)$$

где P_a — фиксированная нагрузка двигателя;

ΣP_a — фиксированная нагрузка групповой силовой установки;

P_r — номинальная нагрузка двигателя;

ΣP_r — номинальная нагрузка групповой силовой установки;

$P_{r\max}$ — номинальная нагрузка наиболее мощного из параллельно работающих двигателей.

3.19 **нестабильность частоты вращения β_n, % номинальной частоты вращения:** Размах колебаний относительной частоты вращения двигателя при установившемся режиме в течение установленного времени (рисунок 3).

$$\beta_n = \frac{\Delta n}{n_r} \cdot 100. \quad (5)$$

3.20 **заброс частоты вращения Δ_d, % номинальной частоты вращения:** Наибольшее отклонение (положительное или отрицательное) относительной мгновенной частоты вращения в переходном процессе регулирования от относительной частоты вращения предшествовавшего установившегося режима (рисунок 3).

3.21 **длительность переходного процесса регулирования t_n, с:** Промежуток времени от начала переходного процесса до момента, начиная с которого отклонение мгновенной частоты вращения от ее нового установившегося значения не будет выходить за пределы допуска на нестабильность (рисунок 3).

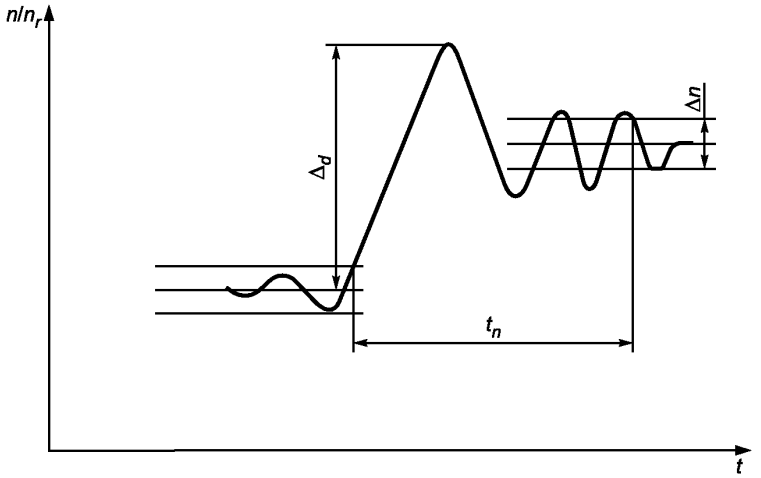


Рисунок 3 — Переходный процесс регулирования после сброса нагрузки

3.22 **работоспособность регулятора (только для регуляторов непрямого действия):** Работа, совершаемая исполнительным органом регулятора при его перемещении на заданное значение и вычисляемая как произведение выдаваемого усилия:

- на полный конструктивный ход исполнительного органа;
- на номинальный (рабочий) ход исполнительного органа.

4 Классификация

4.1 Виды САРЧ в зависимости от числа или диапазона регулируемых режимов частоты вращения установлены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование видов САРЧ	Определения видов САРЧ
Регулирование с заданной точностью обеспечивается:	
Однорежимные Всережимные Двухрежимные	- при одной заданной частоте вращения; - при любой выбранной частоте вращения в пределах заданного диапазона частоты вращения; - при двух заданных частотах вращения

4.2 Виды регуляторов, применяемые для САРЧ двигателей, установлены в таблице 2.

Таблица 2

Классификационный признак вида регулятора	Наименование видов регуляторов	Определения видов регуляторов
Диапазон регулирования	Однорежимные	Регуляторы, обеспечивающие заданные параметры регулирования при номинальной настройке частоты вращения
	Всережимные	Регуляторы, обеспечивающие заданные параметры регулирования в диапазоне от минимальной до номинальной настроек частоты вращения
	Двухрежимные	Регуляторы, обеспечивающие заданные параметры регулирования при минимальной и номинальной настройках частоты вращения
Наличие усиления в регуляторе	Прямого действия	Регуляторы, в которых перемещение регулирующего органа производится за счет энергии измерителя частоты вращения (механического или другого типа)
	Непрямого действия	Регуляторы, в которых перемещение регулирующего органа производится за счет энергии усилителя, например гидравлического
Измеряемые величины	Обычного типа	Регуляторы, реагирующие на отклонение частоты вращения и ее производных
	Двухимпульсные (комбинированные)	Регуляторы, реагирующие на отклонение частоты вращения и возмущающего воздействия
Наклон статической характеристики	Пропорциональные (статические)	Регуляторы, имеющие положительный наклон статической характеристики
	Астатические (интегральные)	Регуляторы, имеющие нулевой наклон статической характеристики
	Универсально-статические (пропорционально-интегральные)	Регуляторы, обеспечивающие работу с нулевым и положительным наклоном статической характеристики
Конструктивное исполнение	Автономные	Регуляторы, выполненные в виде отдельных узлов, блоков, исполнительных механизмов
	Неавтономные	Регуляторы, объединенные с одним из узлов двигателя, например с топливным насосом высокого давления (ТНВД)
Направление вращения	Нереверсивные	Регуляторы, допускающие работу только при одном направлении вращения двигателя
	Реверсивные	Регуляторы, допускающие работу при любом направлении вращения двигателя
По принципу работы	Механические	Регуляторы, у которых все основные рабочие элементы являются механическими
	Электрические	Регуляторы, основанные на электрической (электронной и/или микропроцессорной) базе
	Электромеханические	Регуляторы, сочетающие в себе элементы предыдущих двух типов

4.3 Условные обозначения регуляторов установлены в таблице 3.

Таблица 3

Наименование регулятора	Условное обозначение	Область применения
Однорежимный прямого действия	ОРП	Для двигателей, предназначенных для привода генераторов переменного тока, и двигателей, предназначенных для работы в узком диапазоне настройки частоты вращения
Однорежимный непрямого действия	ОРН	
Однорежимный двухимпульсный	ОРД	Для двигателей, предназначенных для привода генераторов переменного тока
Всережимный прямого действия	ВРП	Для транспортных двигателей (судовых, тепловозных и др.) и двигателей, предназначенных для работы в широком диапазоне настройки частоты вращения
Всережимный непрямого действия	ВРН	
Двухрежимный прямого действия	ДРП	Для транспортных двигателей
Двухрежимный непрямого действия	ДРН	

5 Технические требования

5.1 Требования к однорежимным САРЧ

5.1.1 САРЧ (за исключением САРЧ с регуляторами, встроенными в двигатель и не имеющими настройки частоты вращения) должны обеспечивать возможность настройки частоты вращения двигателя при номинальной нагрузке в следующем диапазоне от номинальной частоты вращения: не менее 105 % — верхний предел; не более 95 % — нижний предел.

По требованию потребителя (заказчика) нижний предел настройки частоты вращения может быть снижен до 70 % номинальной частоты вращения.

5.1.2 Темп изменения настройки частоты вращения в диапазоне, указанном в 5.1.1 настоящего стандарта, при дистанционном управлении двигателем, предназначенным для привода генератора переменного тока, должен обеспечиваться в пределах от 0,4 % до 1,5 % номинальной частоты вращения в секунду. Конкретное значение темпа изменения настройки частоты вращения, а также допускаемое отклонение темпа от заданного значения устанавливают в технических условиях на регуляторы конкретного типа.

5.1.3 САРЧ с регулятором универсально-статического вида должны обеспечивать регулирование наклона регуляторной характеристики δ_{st} в следующем диапазоне: не более 2 % — нижний предел и не менее 4 % — верхний предел.

По согласованию между изготовителем и потребителем (заказчиком) пределы регулировки наклона регуляторной характеристики могут быть расширены до следующих крайних значений:

0 % — нижний предел (для регуляторов ОРН);

6 % — верхний предел (для регуляторов ОРП и ОРН).

5.1.4 Для САРЧ в зависимости от показателей регулирования установлены четыре класса точности.

Нестабильность частоты вращения на установившемся режиме, заброс частоты вращения, длительность переходного процесса регулирования после мгновенного сброса или наброса номинальной нагрузки не должны превышать значений, указанных в таблице 4.

Таблица 4

Наименование показателя	Классы точности САРЧ			
	1-й	2-й	3-й	4-й
Нестабильность частоты вращения, %, не более: - при относительной нагрузке до 25 % - при относительной нагрузке св. 25 до 100 %	 0,8 0,6	 1,0 0,8	 1,5 1,0	 3,0 2,0
Заброс частоты вращения, %, не более	5,0	7,5	10,0	15,0
Длительность переходного процесса регулирования не более	2,0	3,0	5,0	10,0

По согласованию между изготовителем и потребителем (заказчиком) допускается применение САРЧ с показателями смежных классов точности.

5.1.5 САРЧ двигателей с газотурбинным наддувом должны обеспечиваться значения заброса частоты вращения и длительности переходного процесса при набросе нагрузки от холостого хода, не превышающей значений, указанных в таблице 4.

При определении показателей регулирования САРЧ четырехтактных двигателей наброс нагрузки от холостого хода до 100 % должен производиться по ступеням после достижения установившегося теплового режима на каждой ступени. Показатели регулирования при набросе нагрузки любой степени не должны превышать значений, указанных в таблице 4. Допускаемые значения набрасываемой нагрузки не должны превышать значений, указанных на рисунке 4. Характер нагрузки и показатели регулирования при увеличении нагрузки свыше уровня мощности, соответствующего 3-й ступени, устанавливаются по согласованию между изготовителем и потребителем (заказчиком).

Допускаемые значения набрасываемой нагрузки для двухтактных двигателей устанавливают по согласованию между изготовителем и потребителем (заказчиком).

Допускаемые значения набрасываемой нагрузки для судовых двигателей менее 50 % устанавливают по согласованию между изготовителем и потребителем (заказчиком), изготовителем и Российским морским регистром судоходства и/или Речным регистром Российской Федерации.

Примечание — Для двигателей с нагружающими устройствами, увеличивающими нагрузку с уменьшением частоты вращения, допускаемое значение набрасываемой нагрузки определяют с учетом приращения нагрузки, вызванной уменьшением частоты вращения.

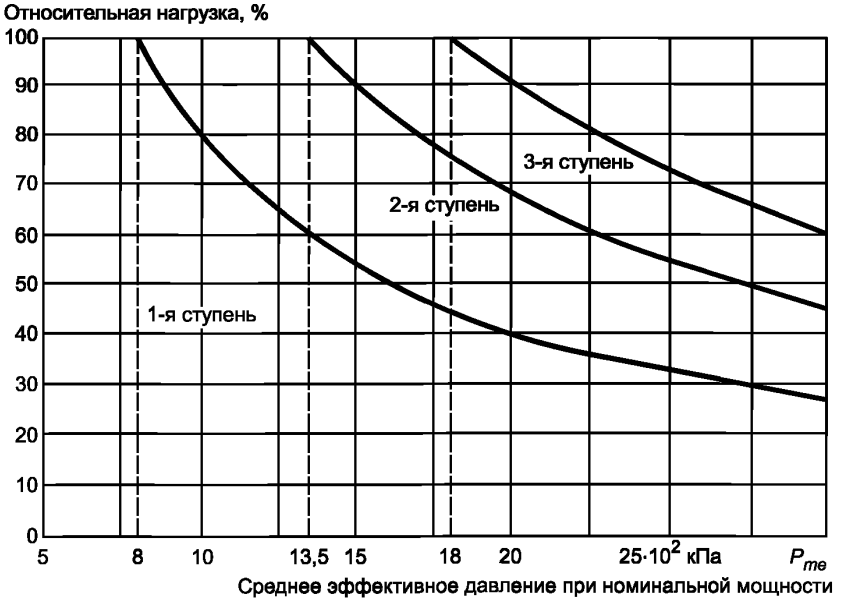


Рисунок 4 — Допускаемый мгновенный наброс относительной нагрузки 4-тактных двигателей с наддувом

5.1.6 При сбросе нагрузок, составляющих 25 % и 50 % номинальной нагрузки и набросе нагрузок, составляющих 25 % и 50 % значений, установленных в 5.1.5 настоящего стандарта, заброс частоты вращения не должен превышать соответственно 0,4 % и 0,6 % значений, указанных в таблице 4, а длительность переходного процесса не должна превышать значений, указанных в таблице 4.

5.1.7 Степень непрямолинейности регуляторной характеристики двигателя ε_K при ее наклоне δ_{st} 2 % и более не должна превышать значений, вычисленных по формуле

$$\varepsilon_K = K_1 \delta_{st}, \quad (6)$$

где K_1 = 0,15 для САРЧ 1-го и 2-го классов точности;

K_1 = 0,20 для САРЧ 3-го и 4-го классов точности.

Для САРЧ с наклоном регуляторной характеристики менее 2 % степень непрямолинейности устанавливают в технических условиях на двигатели конкретного типа.

5.1.8 При параллельной работе двигателей номинальный наклон регуляторной характеристики двигателей с регуляторами типов ОРН и ОРП устанавливается по согласованию с заказчиком.

5.1.9 Степень рассогласования нагрузки при параллельной работе двигателей не должна превышать значений, указанных в таблице 5, при:

- наклоне регуляторной характеристики двигателей не менее 3 %;
- диапазоне относительных нагрузок от 20 % до 100 %;
- совмещенных на каком-либо нагрузочном режиме регуляторных характеристиках;
- одинаковых классах точности САРЧ.

Таблица 5

Классы точности САРЧ	Степень рассогласования нагрузки, %
1-й	5,0
2-й	7,5
3-й	10,0
4-й	12,5

Примечания

1 При наклоне регуляторной характеристики менее 3 % погрешность распределения нагрузки устанавливают по согласованию между изготовителем и потребителем (заказчиком).

2 Для судовых двигателей, предназначенных для привода генераторов переменного тока и подлежащих надзору Российского морского регистра судоходства и/или Речного регистра Российской Федерации, погрешность распределения нагрузки устанавливают в соответствии с их правилами.

5.1.10 Амплитуда обменных колебаний мощности при параллельной работе двигателей в составе электроустановок переменного тока по абсолютному значению не должна быть более, % номинальной мощности каждого из двигателей:

10 % — для САРЧ 1-го и 2-го классов точности;

15 % — для САРЧ 3-го и 4-го классов точности.

5.1.11 Для САРЧ промышленных двигателей объем технических требований устанавливают в технических условиях на конкретные типы промышленных двигателей.

5.2 Требования к всережимным и двухрежимным САРЧ

5.2.1 Верхний предел настройки частоты вращения САРЧ должен быть не менее 105 % номинальной частоты вращения. Нижний предел настройки частоты вращения должен соответствовать минимально устойчивой частоте вращения двигателя по ГОСТ Р 53638.

5.2.2 Для САРЧ устанавливаются два класса точности. При работе по характеристике нагрузки погрешность настройки частоты вращения не должна превышать значений, указанных в таблице 6.

Таблица 6

Вид устройства настройки частоты вращения	Погрешность настройки частоты вращения для класса точности, %, не более	
	B_1	B_2
Бесступенчатое	± 1,5	± 2,5
Ступенчатое 16-позиционное	± 1,5	± 2,5
Ступенчатое 8-позиционное	± 3,0	± 4,0

Погрешность настройки номинальной частоты вращения для обоих классов точности не должна превышать ± 1,5 %.

Указанные значения учитывают погрешность всей цепи управления частотой вращения, включая погрешность системы дистанционного управления (ДУ) и/или системы дистанционного автоматизированного управления (ДАУ).

5.2.3 Номинальный наклон регуляторной характеристики двигателя, предназначенного для параллельной работы в широком диапазоне частоты вращения, устанавливают по согласованию между изготовителем и потребителем (заказчиком).

5.2.4 Значение наклона номинальной регуляторной характеристики двигателей, оборудованных регуляторами типов ВРП, ВРН, ДРП и ДРН с нерегулируемым наклоном, не должно превышать для класса точности B_1 — 10 %, B_2 — 15 %. Конкретное значение наклона регуляторной характеристики устанавливают по согласованию между изготовителем и потребителем (заказчиком).

По согласованию между изготовителем и потребителем (заказчиком) для САРЧ с регуляторами типов ВРП и ВРН должна быть предусмотрена возможность регулировки наклона номинальной регуляторной характеристики двигателя в диапазоне, который устанавливают в зависимости от типа силовой установки, но не должен превышать указанные выше значения для классов точности B_1 и B_2.

5.2.5 Заброс частоты вращения после мгновенного сброса номинальной нагрузки не должен превышать 15 %. Длительность переходного процесса при этом не должна превышать 10 с.

В установках, где в эксплуатационных условиях мгновенный сброс нагрузки не предусматривается, проверку динамических параметров САРЧ осуществляют в соответствии с 7.3.3 настоящего стандарта.

5.2.6 Заброс частоты вращения при быстром изменении настройки частоты вращения от номинальной до минимальной при любой нагрузке двигателя в пределах ограничительной характеристики не должен приводить к останову двигателя.

5.2.7 Для всережимных САРЧ в зависимости от допускаемых значений нестабильности частоты вращения установлены два класса точности B_1 и B_2, для двухрежимных — класс точности B_2. Нестабильность частоты вращения при работе по регуляторным характеристикам не должна превышать значений, указанных в таблице 7.

Таблица 7

Вид САРЧ	Нестабильность частоты вращения при относительной частоте вращения, процент, не более	
	менее 50 %	более 50 %
Всережимные для классов: B_1 B_2	 2,0 4,0	 1,0 (1,5) 2,0 (3,0)
Двухрежимные класса B_2	 2,0 (3,0)	 2,0 (3,0)
Примечание — Значения, заключенные в скобки, следует применять для режимов работы при относительной нагрузке менее 25 % номинальной.		

5.3 Требования к регуляторам

5.3.1 Регуляторы следует изготавливать в соответствии с требованиями настоящего стандарта по техническим условиям и/или рабочим чертежам, утвержденным в установленном порядке.

5.3.2 Степень непрямолинейности статической характеристики регулятора x_L при ее наклоне δ_{st} 2 % и более не должна превышать значений, вычисленных по формуле

$$x_L = K_2\delta_{st}, \quad (7)$$

где K_2 = 0,05 для регуляторов САРЧ 1-го и 2-го классов точности;

K_2 = 0,10 для регуляторов САРЧ 3-го и 4-го классов точности.

5.3.3 Для всех видов САРЧ двигателей, работающих на различные виды нагрузок (например, главный судовой двигатель с отбором мощности для привода валогенератора), заброс частоты вращения следует определять по каждому из видов нагрузки в отдельности. Степень нестабильности частоты вращения и погрешность распределения нагрузок в этом случае устанавливают по согласованию между изготовителем и потребителем (заказчиком).

5.3.4 Назначенный ресурс до списания регуляторов и назначенный срок службы регуляторов до капитального ремонта должны соответствовать назначенному ресурсу до списания и назначенному сроку службы до капитального ремонта двигателей, для которых они предназначены.

5.3.5 Назначенный ресурс регуляторов до первой регулировки устанавливают в технических условиях на конкретные регуляторы.

5.3.6 Регуляторы по согласованию между изготовителем и потребителем (заказчиком) могут оборудоваться дополнительными устройствами для:

- дистанционной настройки частоты вращения;
- регулировки наклона статической характеристики;

- местного и дистанционного останова двигателя;
- исполнения команд по аварийным сигналам от устройств защиты двигателя;
- автоматического по заданной программе ограничения подачи топлива;
- выдачи сигналов по положению органа настройки и регулирующего органа;
- автоматического регулирования нагрузки тепловозного двигателя.

Ресурс дополнительных устройств до первой регулировки устанавливают в технических условиях на конкретные регуляторы.

5.3.7 В технических условиях на регуляторы конкретного типа устанавливают нижеследующие требования к характеристикам по:

- усилию на исполнительном органе регулятора от системы передач к топливной аппаратуре;
- суммарному зазору в системе передач к топливной аппаратуре;
- амплитуде колебаний частоты вращения привода регулятора за один оборот коленчатого вала двигателя в зависимости от среднего установившегося значения частоты вращения;
- отрицательному самовыравниванию двигателя, определенному как разность относительных положений исполнительного органа регулятора при номинальной и минимальной настройках частоты вращения на холостом ходу;
- зависимости забросов частоты вращения от времени разгона двигателя.

6 Приемка

6.1 САРЧ должны подвергаться испытаниям в целях проверки их соответствия техническим требованиям, установленным в настоящем стандарте. Испытания САРЧ должны проводиться при испытаниях двигателей по ГОСТ Р 53639.

6.2 САРЧ должны подвергаться следующим видам испытаний:

- приемо-сдаточным;
- периодическим;
- типовым.

6.3 Для каждого вида испытаний изготовитель двигателя разрабатывает программу испытаний и согласовывает ее с потребителем (заказчиком).

6.4 Приемо-сдаточным испытаниям следует подвергать САРЧ каждого двигателя по программам и методикам, утвержденным в установленном порядке.

6.5 Порядок и сроки проведения периодических испытаний САРЧ устанавливают в зависимости от сроков проведения соответствующих видов испытаний двигателей.

6.6 При периодических испытаниях следует определять:

а) пределы настройки частоты вращения;

б) номинальную регуляторную характеристику, а для САРЧ с изменяемым наклоном регуляторной характеристики, кроме того, регуляторные характеристики при минимальном и максимальном наклонах при номинальной настройке частоты вращения;

в) наклон номинальной регуляторной характеристики;

г) нестабильность частоты вращения;

д) заброс частоты вращения и длительность переходного процесса регулирования после мгновенного изменения нагрузки;

е) характеристики дополнительных устройств, указанных в настоящем стандарте, кроме устройства автоматического регулирования нагрузки тепловозного двигателя.

6.7 В ходе периодических испытаний двухимпульсных (комбинированных) САРЧ в объем испытаний регуляторов частоты вращения по требованию заказчика должно быть включено снятие характеристик при различных значениях коэффициента мощности и асимметрии нагрузки по фазам.

Допускается испытание регуляторов САРЧ проводить на безмоторном стенде.

6.8 Дополнительно по требованию заказчика следует определять (проверять):

а) для автоматизированных двигателей в составе электроустановок переменного тока — темп изменения настройки частоты вращения в рабочем диапазоне. По требованию заказчика проверяют серводвигатели регуляторов частоты вращения в импульсном режиме управления, имитирующем их совместную работу с устройствами автоматизации судовых электростанций;

б) для тепловозных двигателей — отклонение фактической характеристики настройки частоты вращения от заданной;

в) для транспортных двигателей с разобщаемой передачей — отсутствие останова двигателя при быстром изменении настройки частоты вращения от номинальной до минимальной;

г) для двигателей в составе электроустановок, работающих параллельно, — степень рассогласования нагрузки и величину обменных колебаний мощности;

д) для двигателей, работающих параллельно во всем диапазоне частот, — характеристику настройки частоты вращения и наклон регуляторной характеристики при минимальной настройке частоты вращения.

Испытания по перечислениям г) и д) допускается проводить на месте установки штатных объектов регулирования.

6.9 Показатели надежности регуляторов подтверждают испытаниями на надежность и/или подконтрольными эксплуатационными наблюдениями по методике, согласованной изготовителем продукции с потребителем (заказчиком).

6.10 Типовым испытаниям следует подвергать САРЧ при внесении изменений в конструкцию или технологию изготовления регулятора или двигателя, которые могут оказать влияние на контролируемые характеристики САРЧ. Объем типовых испытаний устанавливают в зависимости от характера внесенных изменений и согласовывают с заказчиком.

7 Методы испытаний

7.1 Погрешность измерений

7.1.1 Погрешность измерения частоты вращения в процентах номинального значения частоты вращения на установившихся режимах не должна превышать:

± 0,1 % — для САРЧ 1-го класса точности с однорежимными регуляторами;

± 0,2 % — для САРЧ 2-го класса точности с однорежимными регуляторами;

± 0,5 % — для САРЧ тепловозных двигатель-генераторов;

± 1 % — для остальных САРЧ.

7.1.2 Погрешность измерения мощности не должна превышать:

± 1 % — для САРЧ тепловозных двигатель-генераторов;

± 1 % — при испытаниях по перечислению г) 6.8 настоящего стандарта;

± 2,5 % — во всех остальных случаях.

7.1.3 Погрешность измерения крутящего момента должна соответствовать ГОСТ Р 53639.

7.2 Условия проведения испытаний

7.2.1 Испытания САРЧ должны быть проведены при прогретых двигателе и регуляторе.

7.2.2 Измерение и запись частоты вращения двигателя должны выполняться от коленчатого вала (маховика, зубчатого стартерного колеса) или от другого вала, связанного с коленчатым валом передачей без скольжения.

7.3 Проведение испытаний

7.3.1 Параметры САРЧ, указанные в перечислениях г) и д) 6.6 настоящего стандарта, следует определять осциллографированием или тахографированием.

Для САРЧ с однорежимными регуляторами 3-го и 4-го классов точности при приемо-сдаточных испытаниях, а также для САРЧ с всережимными регуляторами допускается указанные параметры определять тахометром (или частотомером) и секундомером.

Для судовых двигатель-генераторов с САРЧ 3-го класса точности допускается определять указанные параметры осциллографированием.

Для тепловозных и судовых двигателей допускается вместо определения заброса частоты вращения проверять отсутствие срабатывания предельного выключателя при мгновенном сбросе 100 %-ной нагрузки.

7.3.2 Параметры САРЧ, указанные в перечислении д) 6.6 настоящего стандарта, проверяют при мгновенном сбросе 100, 75, 50 и 25 %-ной нагрузки до холостого хода, а САРЧ с однорежимными регуляторами, кроме того, — при мгновенном набросе нагрузки в соответствии с 5.1.5.

7.3.3 Для двигателей, предназначенных для установок, где в эксплуатационных условиях мгновенный сброс нагрузки не предусматривается, допускается динамические параметры проверять одним из следующих способов:

а) имитацией мгновенного сброса нагрузки в соответствии с приложением А;

б) для главных судовых двигателей — максимально быстрым опорожнением гидротормоза (на стенде);

в) для тепловозных двигатель-генераторов — выключением возбуждения;

г) для двигателей, вращающих гидравлические машины, — опорожнением полостей.

7.3.4 Нестабильность частоты вращения необходимо измерять на режимах:

а) для САРЧ с однорежимными регуляторами — на холостом ходу и при полной нагрузке, при номинальной настройке частоты вращения;

б) для САРЧ с всережимными регуляторами — в соответствии с характеристикой нагрузки при номинальной и минимальной настройках частоты вращения.

7.3.5 Снятие характеристики настройки частоты вращения и определение пределов настройки выполняют при работе двигателя по характеристике нагрузки или на холостом ходу.

7.3.6 Испытания по 6.6 и 6.8 настоящего стандарта проводят при фиксированной настройке наклона регуляторной характеристики, соответствующей наклону номинальной регуляторной характеристики, указанному в технических условиях на двигатели конкретного типа или агрегата на их базе.

7.3.7 Испытания САРЧ реверсивных двигателей проводят при работе на передний ход.

7.4 Оформление результатов испытаний

7.4.1 Регуляторную характеристику двигателя строят по вычисленным относительным значениям крутящего момента (нагрузки) при фиксированной настройке регулятора. При этом относительный крутящий момент (нагрузка) изменяется от 0 в пределах ограничительной характеристики с линейной экстраполяцией до 1.

Относительные значения крутящего момента вычисляют по формуле

$$\frac{T_{tq}}{T_{tqr}} = \frac{P_e}{P_{er}} \cdot \frac{n_r}{n_i}, \qquad (8)$$

где P_e/P_{er} — относительная электрическая мощность генератора;

n_i — текущее значение частоты вращения, $с^{-1}$;

n_r — частота вращения, соответствующая номинальному положению исполнительного органа регулятора при номинальной настройке частоты вращения, $с^{-1}$.

Для двигателей в составе электроустановок переменного тока регуляторную характеристику строят в координатах $n/n_N - P_e/P_{er}$, где n_N — номинальная частота вращения, $с^{-1}$.

7.4.2 Наклон регуляторной характеристики δ_{st} вычисляют по формуле (3).

7.4.3 Степень непрямолинейности регуляторной характеристики двигателя в процентах определяют как расстояние на оси n/n_N между двумя параллельными прямыми, имеющими средний наклон регуляторной характеристики и описывающими ее на участке номинального хода исполнительного органа регулятора.

7.4.4 Характеристику настройки частоты вращения строят по вычисленным относительным или абсолютным значениям координат настройки и частоты вращения во всем диапазоне настройки. За координату настройки принимают положение органа настройки при местном управлении, а при дистанционном управлении — значение управляющего сигнала (например, давление в системе пневматического управления). При ступенчатой настройке частоты вращения измеряют частоту вращения для каждой позиции.

7.4.5 Погрешность характеристики настройки частоты вращения определяют как разность относительных или абсолютных значений частот вращения в месте наибольшего расхождения фактической и заданной характеристик.

7.4.6 Длительность переходного процесса регулирования t_n в секундах должна определяться по отметкам времени на тахограмме (осциллограмме) или по секундомеру. За длительность переходного процесса принимают промежуток времени от его начала до момента, начиная с которого отклонение мгновенной частоты вращения от ее нового установившегося значения не будет выходить за пределы, оговоренные допуском на нестабильность.

7.4.7 Нестабильность частоты вращения вычисляют по формуле (5).

Размах колебаний мгновенной частоты вращения в установившемся режиме при неизменной нагрузке определяется как средний арифметический результат трех измерений длительностью не менее 5 с каждое.

7.4.8 Степень рассогласования нагрузки при параллельной работе двигателей вычисляют по формуле (4).

7.4.9 При определении степени рассогласования нагрузки двигателей с однорежимными регуляторами настройка статизма регуляторов всех параллельно работающих двигателей остается неизменной.

При всережимной параллельной работе настройку частоты вращения производят с дистанционного поста одним органом управления (задания).

Приложение А
(справочное)

Имитация мгновенного изменения нагрузки

Имитация мгновенного изменения нагрузки — такое воздействие на дозирующий орган топливного насоса при неизменной нагрузке на валу двигателя, которое вызывает в системе регулирования переходный процесс, идентичный переходному процессу при мгновенном изменении нагрузки.

Имитацию мгновенного сброса нагрузки производят специальным механизмом (имитатором), изменяющим длину тяги от регулятора к рейке топливного насоса при работе двигателя на холостом ходу. Длину тяги изменяют до тех пор, пока исполнительный орган регулятора не установится в положение, отвечающее значению нагрузки, сброс которой должен имитироваться. Настройка частоты вращения при этом остается неизменной. С помощью имитатора длина тяги мгновенно восстанавливается до первоначальной. При этом вследствие резкого увеличения подачи топлива на двигатель действует возмущение, которое по своему влиянию на изменение частоты вращения аналогично мгновенному сбросу нагрузки.

УДК 621.436:006.354 ОКС 27.020 Г 84 ОКП 31 2000

Ключевые слова: системы автоматического регулирования частоты вращения; двигатели внутреннего сгорания поршневые, дизельные, газовые, судовые, тепловозные, промышленные; технические требования; приемка; методы испытаний

Редактор *П.М. Смирнов*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 25.09.2013. Подписано в печать 08.10.2013. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,70. Тираж 71 экз. Зак. 1114.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru